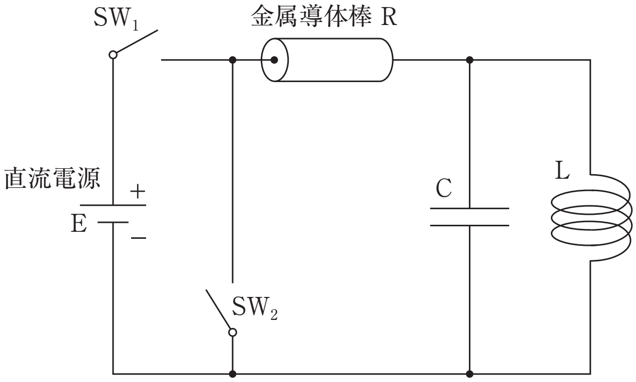
第 20 講　コイル

1

次の文を読み，以下の各問いに対する最も適当な答えを，それぞれの解答群から一つ選び，その記号を答えよ。

図で示すように，起電力が V_0［V］で内部抵抗が r［Ω］の直流電源 E，断面積，長さおよび抵抗率がそれぞれ S［m^2］，l［m］，ρ［Ω・m］で抵抗値が R［Ω］の金属導体棒 R，電気容量の値が C［F］のコンデンサー C，自己インダクタンスが L［H］のコイル L およびスイッチ SW_1 と SW_2 で構成された回路がある。ただし，配線に用いた電線の電気抵抗やスイッチの接触抵抗およびコイル L の内部抵抗は無視でき，最初コンデンサーに蓄えられている電荷はないとする。また，スイッチ SW_1 と SW_2 は切っている（開いている）とする。



［1］　スイッチ SW_2 は切った状態のまま，スイッチ SW_1 だけを入れた（閉じた）。次の問いに答えよ。

問 1.　SW_1 を入れた直後，コイル L を流れる電流の強さは何 A か。r，C，L，R，V_0 および数値 0 の中から適当な文字を選択して答えよ。

解答群

(ア)　0　　(イ)　$\frac{V_0}{L}$　　(ウ)　$\frac{V_0}{C}$　　(エ)　$\frac{V_0}{2r}$　　(オ)　$\frac{V_0}{r}$

問 2.　SW_1 を入れた直後，コンデンサー C の電極間の電圧は何 V か。r，C，L，R，V_0 および数値 0 の中から適当な文字を選択して答えよ。

解答群

(ア)　0　　(イ)　$\frac{V_0 r}{R}$　　(ウ)　$\frac{V_0 C}{r}$　　(エ)　$\frac{V_0 R}{L}$　　(オ)　V_0

問 3.　金属導体棒 R の抵抗値 R［Ω］はいくらか。l，S と ρ を用いて表せ。

解答群

(ア)　$\frac{\rho l}{4S}$　　(イ)　$\frac{\rho l}{2S}$　　(ウ)　$\frac{\rho l}{S}$　　(エ)　$\frac{S}{2\rho l}$　　(オ)　$\frac{S}{\rho l}$

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問4. SW_1 を入れてから十分に時間が経過した。このときLを流れる電流の強さ I_L［A］はいくらか。r, R と V_0 を用いて表せ。

解答群

(ア) $\dfrac{V_0}{2(r+R)}$　(イ) $\dfrac{V_0}{r+2R}$　(ウ) $\dfrac{V_0}{2r+R}$　(エ) $\dfrac{V_0}{r+R}$　(オ) $\dfrac{2V_0}{r+R}$

問5. 問4において，Lに蓄えられているエネルギーは何Jか。I_L と L を用いて表せ。

解答群

(ア) $\dfrac{LI_L^2}{4}$　(イ) $\dfrac{LI_L^2}{2}$　(ウ) LI_L^2　(エ) $\dfrac{L^2I_L^2}{4}$　(オ) $\dfrac{L^2I_L^2}{2}$

［2］　さて［1］の状態にある回路において，スイッチ SW_1 を入れてから十分に時間がたった後，SW_1 をすばやく切った。次の問いに答えよ。

問6. SW_1 を切った後，コイルLを流れる振動電流の周期は何秒か。C と L を用いて表せ。

解答群

(ア) $\dfrac{\pi\sqrt{LC}}{2}$　(イ) $\pi\sqrt{LC}$　(ウ) $2\pi\sqrt{LC}$　(エ) $\pi\sqrt{\dfrac{C}{L}}$　(オ) $2\pi\sqrt{\dfrac{C}{L}}$

問7. 問6において，Lを流れる振動電流の最大値 I_{MAX}［A］はいくらか。r, R と V_0 を用いて表せ。

解答群

(ア) $\dfrac{V_0}{r+2R}$　(イ) $\dfrac{V_0}{2r+R}$　(ウ) $\dfrac{V_0}{(r+R)^2}$　(エ) $\dfrac{V_0}{r+R}$　(オ) $\dfrac{V_0^2}{r+R}$

問8. コンデンサーCの電極間電圧の大きさの最大値は何Vか。C, I_{MAX} と L を用いて表せ。

解答群

(ア) $\dfrac{I_{MAX}}{4\pi}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$　(イ) $\dfrac{I_{MAX}}{2\pi}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$　(ウ) $\dfrac{I_{MAX}}{\pi}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$　(エ) $I_{MAX}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$　(オ) $\pi I_{MAX}\sqrt{\dfrac{L}{C}}$

［3］　次に，［2］の状態にある回路において，SW_1 を切ってから十分に時間が経過した後，SW_2 を入れた。次の問いに答えよ。

問9. SW_2 を入れてから十分に時間が経過した。SW_1 を入れてから金属導体棒Rで消費された全エネルギーは何Jか。L と問7における I_{MAX} を用いて表せ。

解答群

(ア) $\dfrac{LI_{MAX}^2}{4}$　(イ) $\dfrac{LI_{MAX}^2}{2}$　(ウ) LI_{MAX}^2　(エ) $\dfrac{\pi LI_{MAX}^2}{4}$　(オ) $\dfrac{\pi LI_{MAX}^2}{2}$

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

2

次の文中の空欄［(ア)］～［(エ)］にあてはまる式を答えよ。また，解答図（A）と（B）に適切なグラフの概形を描け。

図1のように，自己インダクタンス L［H］のコイルL，電気容量 C［F］のコンデンサーCとスイッチSをつないで回路を作る。ただし，回路での電磁波の発生や，電気抵抗は無視する。はじめSは開いており，Cは充電されていて，その極板間の電位差は V［V］である。このとき，Cが蓄えている静電エネルギーは［(ア)］［J］である。Sを閉じるとLに電流が流れて，Cの極板間の電位差は変化する。Sを閉じてから，はじめてCの極板間の電位差が0Vになるまでの時間は，円周率を π として［(イ)］［s］である。Cの極板間の電位差が $\frac{V}{2}$［V］となった瞬間に，コイルLが蓄えているエネルギーは［(ウ)］［J］であり，このときLには大きさ［(エ)］［A］の電流が流れている。

スイッチSを開き，Cを充電する。このときCが蓄えている静電エネルギーを W［J］とする。再びSを閉じる。Sを閉じてからはじめてCの極板間の電位差が0Vとなる時間を t_0[s]とする。Sを閉じてからの時間を横軸，電流を縦軸として，Lに流れる電流の時間変化のグラフの概形を解答図（A）に，Cが蓄える電荷の時間変化のグラフの概形を解答図（B）にそれぞれ描け。ただし，電流は図の矢印の向きを，電荷は左側の極板に正の電荷がたまった状態を正の向きとする。

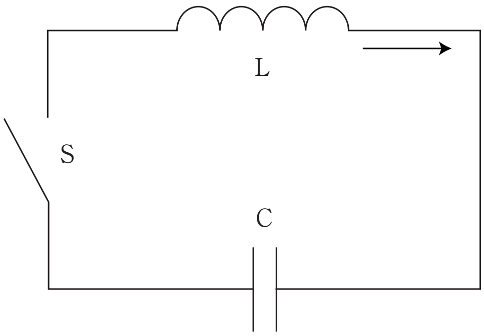


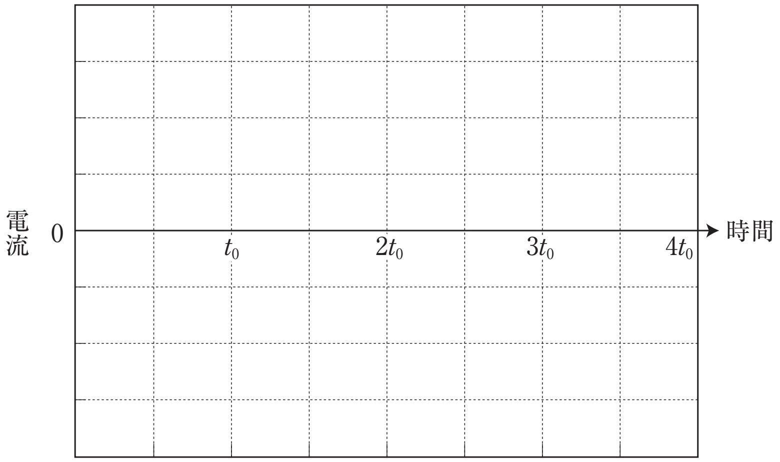
図1

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

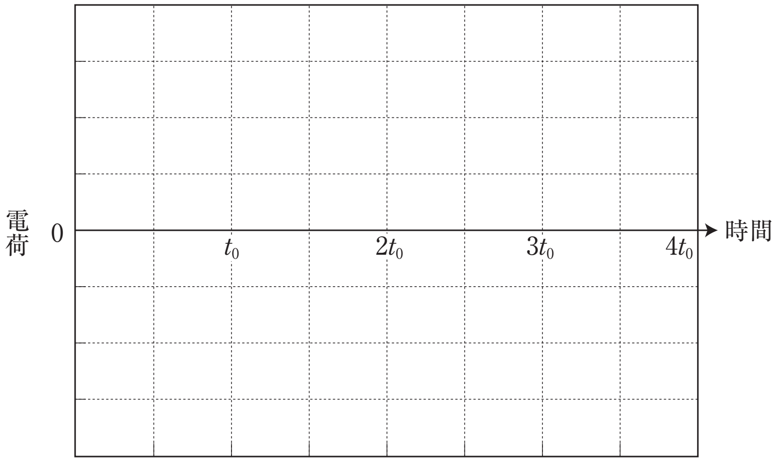
< Note >

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。



解答図(A)



解答図(B)

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

< Note >

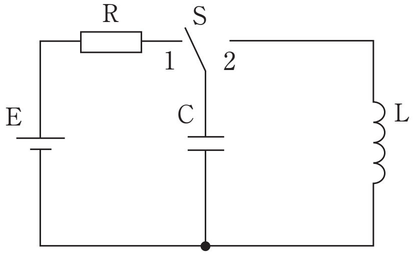
ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 20 講　確認テスト

次の問いの答えをそれぞれの解答群のうちから一つずつ選べ。ただし，有効数字を 3 桁とし，4 桁目を四捨五入せよ。必要なら円周率は $\pi=3.14$ とせよ。

図に示す回路において，S はスイッチ，E は内部抵抗が無視できる起電力が 10.0V の電池，R は抵抗値が 5.00 Ω の抵抗，C は電気容量が 50.0μF のコンデンサー，L は自己インダクタンスが 2.00H のコイルである。はじめ，C には電荷はたくわえられていない。



A. スイッチ S を 1 側に倒すと，電流が流れてコンデンサー C が充電される。

問 1　S を倒した直後において，R に流れる電流は［ア］A，C の両端の電位差は［イ］V である。

［ア］の解答群

① 0.00　② 0.500　③ 2.00　④ 5.00
⑤ 10.0　⑥ 50.0

［イ］の解答群

① 0.00　② 0.500　③ 2.50　④ 3.00
⑤ 5.00　⑥ 10.0

問 2　S を倒して十分に時間が経った後，R に流れる電流は［ウ］A，C の両端の電圧は［エ］V である。

［ウ］の解答群

① 0.00　② 0.500　③ 2.00　④ 5.00
⑤ 10.0　⑥ 50.0

［エ］の解答群

① 0.00　② 0.500　③ 2.50　④ 3.00
⑤ 5.00　⑥ 10.0

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問3　Sを倒して十分に時間が経った後，Cにたくわえられる電気量は［オ］C，静電エネルギーは［カ］Jである。

［オ］の解答群

① 2.50×10^{-4}　② 5.00×10^{-4}　③ 5.00×10^{-3}　④ 2.50×10^{2}
⑤ 5.00×10^{2}

［カ］の解答群

① 2.50×10^{-5}　② 2.50×10^{-4}　③ 5.00×10^{-4}　④ 2.50×10^{-3}
⑤ 5.00×10^{-3}

B. 次にスイッチSを2側に倒すと，コンデンサーCとコイルLの間でエネルギーのやりとりが行われ，回路に電気振動が生じる。

問4　電気振動が起きているとき，Lにたくわえられるエネルギーの最大値は［キ］Jとなる。

① 5.00×10^{-5}　② 2.50×10^{-3}　③ 5.00×10^{-3}　④ 10.0
⑤ 20.0

問5　電気振動が起きているとき，Lに流れる電流の最大値は［ク］Aである。

① 2.50×10^{-4}　② 7.07×10^{-4}　③ 3.54×10^{-2}　④ 5.00×10^{-2}
⑤ 0.354

問6　この電気振動の周波数は［ケ］Hzである。

① 1.59　② 6.40　③ 10.0　④ 15.9
⑤ 31.8

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第 20 講　コイル

1

［1］　問 1　(ア)　　問 2　(ア)

［2］　問 3　(ウ)　　問 4　(エ)

［3］　問 5　(イ)　　問 6　(ウ)　　問 7　(エ)　　問 8　(エ)　　問 9　(イ)

2

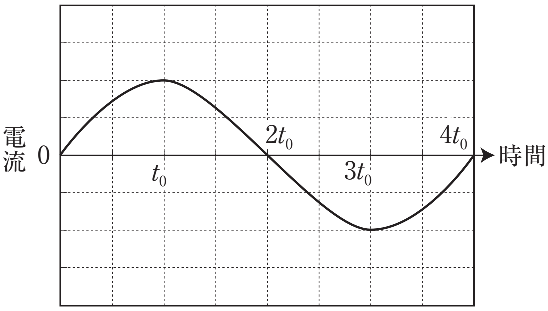
(ア)　$\dfrac{1}{2}CV^2$

(イ)　$\dfrac{\pi}{2}\sqrt{LC}$

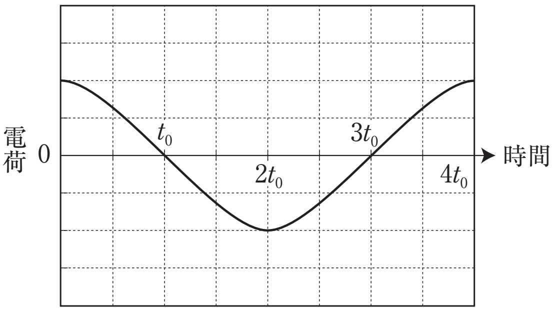
(ウ)　$\dfrac{3}{8}CV^2$

(エ)　$\dfrac{V}{2}\sqrt{\dfrac{3C}{L}}$

解答図(A)



解答図(B)



©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第20講　確認テスト

【解答】

ア ③　イ ①　ウ ①　エ ⑥　オ ②　カ ④　キ ②　ク ④
ケ ④

【解説】

A

問1　スイッチを入れた直後，コンデンサーは「ただの導線」とみなしてよい。

$$\therefore\quad I = \frac{E}{R} = \frac{10.0}{5.00} = \underline{2.00\ [\mathrm{A}]}_{ア}$$

Cの電位差は $\underline{0.00\ [\mathrm{V}]}_{イ}$

問2　十分に時間が経つと，コンデンサーの充電が完了し，電流は $\underline{0.00\ [\mathrm{A}]}_{ウ}$ となる。

コンデンサーの電位差は $\underline{10.0\ [\mathrm{V}]}_{エ}$

問3　たくわえられた電気量は

$$Q = CE = (50.0 \times 10^{-6}) \times 10.0 = \underline{5.00 \times 10^{-4}\ [\mathrm{C}]}_{オ}$$

静電エネルギーは

$$U = \frac{1}{2}CE^2 = \frac{1}{2} \times (50.0 \times 10^{-6}) \times 10.0^2 = \underline{2.5 \times 10^{-3}\ [\mathrm{J}]}_{カ}$$

B

問4　エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}LI_{\mathrm{Max}}{}^2 = \frac{1}{2}CE^2 = \underline{2.5 \times 10^{-3}\ [\mathrm{J}]}_{キ}$$

問5　上式より，

$$I_{\mathrm{Max}} = E\sqrt{\frac{C}{L}} = 10.0 \times \sqrt{\frac{50.0 \times 10^{-6}}{2.00}} = \underline{5.00 \times 10^{-2}\ [\mathrm{A}]}_{ク}$$

問6　$\omega = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ より，

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{2.00 \times 50.0 \times 10^{-6}}} \fallingdotseq \underline{15.9\ [\mathrm{Hz}]}_{ケ}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。